Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 2, Summer 2023, p. 293-306

Biochemical Properties of Twelve Indigenous Barberry (*Berberis* spp.) Genotypes

A. Balandari[1*], M. Azizi[2], M. Khodabandeh[3]

Received: 19-11-2018 Revised: 15-02-2021 Accepted: 10-03-2021 Available Online: 10-03-2021	**How to cite this article:** Balandari, A., Azizi, M., & Khodabandeh, M. (2023). Biochemical properties of twelve indigenous barberry (*Berberis* spp.) genotypes. *Journal of Horticultural Science, 37*(2), 293-306. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2021.61176.0

Introduction

Barberries are small fruits with appealing colors and tastes, and have a great diversity in Iran. There are numerous indigenous barberry genotypes in Iran, which have remarkable therapeutical and nutritional attributes. Seedless barberry is the most famous genotype which fruits are rich in phytochemicals. Although Iran is one of the main habitats of the barberry species and hybrids and the seedless cultivar is considered as an exclusive crop for our country, a few products are being produced from such valuable crop in food industries.

Materials and Methods

In present study, fruit biochemical properties of the twelve barberry genotypes (including one seedless genotype and eleven seedy genotypes: 2-2, 4-1, 5-1, 5-2, 5-3, 8-3, 10-1, 11-1, 12-1, 13-1 and 14-2) of the barberry collection located in Research Institute of Food Science and Technology of Mashhad, were evaluated based on the fruit appearance. For this purpose, fruits were harvested in 2015 harvest time and divided into two parts. One part was dried in room temperature. Then dried fruits were kept in cool and dark place until analyses. The other part was kept fresh for some measurements including TSS, TA, TSS/TA and pH. Before all tests, fruits were deseeded and the properties of the pulp were determined. Biochemical properties included total soluble solid (TSS), titratable acidity (TA), TSS/TA ratio, fruit juice pH, total phenol content, total flavonoid content, total anthocyanin content, protein content, crude fiber, total sugar and minerals including Iron (Fe), Magnesium (Mg), Zinc (Zn) and Copper (Cu). Data analysis was performed based on completely randomized design by Minitab software version 16 using analysis of variance (ANOVA) and differences among means were determined for significance at $p \leq 0.05$ using Tukey's range test.

Results and Discussion

Results showed significant variation in biochemical properties of genotypes. Based on the results, genotype code #13-1 had the highest content of titratable acidity (5.61 g malic acid per 100 g fresh fruit weight) and the highest soluble solids content (5.5 °Brix). The highest amount of crude fiber (54.96%), Fe (138.49 ppm), Mg (1426.39 ppm) was related to genotype code #10-1 and the highest amount of anthocyanin (452.60 mg/100g), protein (4.26%) and Cu (6.80 ppm) belonged to genotype code #14-2. Two genotypes "Bidaneh" and code #5-3 displayed a distinctive content of total carbohydrates with respectively 59.61% and 25.67%. Furthermore, genotype code #11-1 showed the highest amount of Zn (18.85 ppm) among all.

1- Assistant Professor, Department of Food Safety and Quality Control, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: balandary1339@yahoo.com)
2 and 3- Professor and Ph.D. Student, Department of Horticultural Science and Landscape Architecture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
DOI: 10.22067/jhs.2021.61176.0

Conclusion

Up to now, barberry mostly has been consumed as a food seasoning and garnish. All data of this study suggest that barberry, as a functional food, can partially cover the body's daily requirements. Therefore, a comprehensive study should be performed to determine all the capacities and uses associated with each genotype. Overall, genotype code #14-2 can be introduced as the best genotype in terms of flavonoid, anthocyanin, protein and copper content of all the evaluated genotypes. Considering its high content of anthocyanin, producing an edible colorant powder is possible. In conclusion, considering the great diversity, fruits of indigenous barberry genotypes can provide a rich source of minerals and phytochemicals for food purposes. Furthermore, achieving applied science in making products from such indigenous crop could lead into investments and economic development in regions in which barberry is cultivated.

Keywords: Anthocyanin, Barberry, Flavonoid, Minerals

نشریه علوم باغبانی
https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۲، تابستان ۱٤۰۲، ص. ۳۰٦-۲۹۳

خصوصیات بیوشیمیایی میوه دوازده ژنوتیپ بومی زرشک (*Berberis* spp.)

احمد بالندری[1*]- مجید عزیزی[2]- مهسا خدابنده[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۲۸
تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۱/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۰

چکیده

انواع زرشک، ریزمیوه‌هایی با رنگ‌ها و طعم‌های جذاب هستند که تنوع بی‌نظیری در ایران دارند. در این پژوهش خصوصیات بیوشیمیایی میوه دوازده ژنوتیپ بومی زرشک مورد مطالعه قرار گرفت. این خصوصیات شامل درصد مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، نسبت TSS/TA، pH، میزان فنل کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین کل، محتوای پروتئین، فیبر خام، قند کل، عناصر معدنی شامل آهن، منیزیوم، روی و مس بودند. نتایج حاکی از تنوع بالای خصوصیات بیوشیمیایی در میان ژنوتیپ‌ها بود. کدژنوتیپ ۱-۱۳ دارای بیشترین TA (۵/۶۱ گرم اسید مالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر) و بیشترین TSS (ºBrix ۵/۵۰) بود. کدژنوتیپ ۱-۵ دارای بیش‌ترین میزان فنل کل (۱۴۸۲/۶۱ میلی‌گرم اسید گالیک) و کدژنوتیپ ۲- ۱۴ حائز بیش‌ترین میزان فلاونوئید کل (۸۳۷/۵۳ میلی‌گرم کوئرستین) و آنتوسیانین کل (۴۵۲/۰۶ میلی‌گرم سیانیدین۳ گلیکوزید) در یک‌صد گرم میوه خشک بود. بالاترین میزان فیبرخام (۵۴/۹۶ درصد)، آهن (۱۳۸/۴۹ قسمت در میلیون) و منیزیوم (۱۴۲۶/۳۹ قسمت در میلیون) مربوط به کدژنوتیپ ۱-۱۰ و بالاترین میزان پروتئین (۴/۲۶ درصد) و مس (۶/۸۰ قسمت در میلیون) به کدژنوتیپ ۲-۱۴ اختصاص یافت. از لحاظ محتوای قند کل، دو کدژنوتیپ بی دانه و ۳-۵ به ترتیب با میزان ۵۹/۶۱ و ۲۵/۶۷ درصد قند، تفاوت چشمگیری نسبت به سایر کدژنوتیپ‌ها داشتند. در مجموع ارزیابی صفات اندازه‌گیری شده، کدژنوتیپ ۲-۱۴ به دلیل دارا بودن بالاترین میزان فلاونوئید کل، آنتوسیانین کل، پروتئین و مس ژنوتیپ برتر بود. بررسی خصوصیات بیوشیمیایی میوه زرشک‌های بومی و بهره‌وری از ارزش‌های تغذیه‌ای این محصول ارزشمند می‌تواند منجر به کسب دانش فنی در زمینه تهیه فرآورده‌های غذایی زرشک به عنوان یک فناوری بومی شده و سبب توسعه اقتصادی در مناطق تولید زرشک گردد.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، زرشک، عناصر معدنی، فلاونوئید

مقدمه

زرشک از جمله درختچه‌های بومی کشورمان است که در مقابل کم‌آبی و شوری آب و خاک تحمل خوبی داشته و قابلیت رشد و تولید در زمین‌های کم‌بهره را داراست. جنس زرشک دارای بیش از ۶۵۰ گونه است که تاکنون حدود ۶۰ هیبرید بین گونه‌ای آن نیز شناسایی شده است (Rezaei and Balandari, 2015; Pirkhezri, 2022).

در ایران وجود ۵ گونه وحشی زرشک دانه‌دار گزارش شده که شامل زرشک معمولی (*Berberis vulgaris*)، زرشک راست خوشه (*B. orthobotrys*)، زرشک خراسانی (*B. khorasanica*)، زرشک زالزالکی (*B. crataegina*) و زرشک زرافشانی (*B. integerrima*) می‌باشند. در مورد گونه‌های زرشک موجود در ایران به خصوص در زرشک‌های زرافشانی و زالزالکی اسامی علمی مشابه زیادی وجود دارد. این گیاه در ایران پراکنش و تنوع زیادی داشته و علاوه بر خراسان در آذربایجان، گیلان، مازندران، گلستان، تهران، سمنان، کرمان، اصفهان و فارس رویش دارد (Kafi and Balendari, 2002). میوه زرشک دارای ترکیبات قندی، اسید مالیک، اسید سیتریک، اسید تارتریک، مواد پکتینی و ترکیبات رنگی از قبیل

۱- استادیار گروه ایمنی و کنترل کیفیت مواد غذایی، موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: balandary1339@yahoo.com)
۲ و ۳- به‌ترتیب استاد و دانشجوی دکتری گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

DOI: 10.22067/jhs.2021.61176.0

آنتوسیانین‌ها، فلاونوئیدها و کارتنوئیدهاست (Ruiz *et al*., 2010). از مهمترین آنتوسیانین‌های زرشک‌ها می‌توان به سیانیدین-۳-گلوکوزید، سیانیدین-۳-روتینوزید، دلفینیدین-۳-گلوکوزید، دلفینیدین-۳-روتینوزید، پتونیدین-۳-گلوکوزید، پتونیدین-۳-روتینوزید، پئونیدین-۳-گلوکوزید، پئونیدین-۳-روتینوزید، پلارگونیدین-۳-گلوکوزید و سیانیدین ۳ و ۵ دی گلوکوزید اشاره کرد. همچنین زرشک دارای مواد معدنی، ترکیبات زیست‌فعال و مغذی است (Jiménez *et al*., Farhadi Chitgar and Varidi, 2014; 2011). از مهم‌ترین ترکیبات فعال زیستی موجود در میوه زرشک می توان به ترکیبات فنلی و آنتوسیانین‌ها اشاره کرد، که دارای خواص ویژه آنتی‌اکسیدانی هستند. بنابراین می‌توان از میوه‌های زرشک به عنوان یک منبع بومی مناسب برای استحصال ترکیبات آنتی‌اکسیدان طبیعی جهت کاربرد در فراورده‌های غذایی استفاده نمود (Awan *et al*., 2014). ارزیابی خصوصیات بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های بومی زرشک در راستای کاربرد آن‌ها در فرآورده‌های غذایی، سبب توجه بیشتر به تولید فراورده‌های متنوع از آن‌ها خواهد شد. علی‌رغم اینکه در طول سه دهه گذشته، پژوهش‌هایی در رابطه با فراوری زرشک تهیه کنستانتره، آب میوه و نوشابه گازدار زرشک و تولید فرآورده‌های مختلف از زرشک و نیز بهبود و توسعه فناوری تولید زرشک انجام شده اما برای تهیه فرآورده‌های جدید زرشک، اطلاع دقیق از نوع و میزان ترکیبات بیوشیمیایی و عناصر مغذی آن لازم است (; Bandaru and Ardestani *et al*., 2013Alizadeh *et al*., 2021; Khojastehmanesh, Shahdadi, 2022Bakshi, 2020 ;). حصول دانش فنی فرآوری میوه زرشک و اجرای آن در منطقه می‌تواند به صورت یک فناوری منحصر به فرد و بومی، ضمن ارتقای علمی، سبب گسترش و توسعه اقتصادی و صنعتی در منطقه پرورش آن گردد. شایان توجه است که انواع کرن‌بری‌ها به عنوان یکی از ریزمیوه‌های بومی آمریکا، در بیش از ۷۰۰ نوع محصول تولید شده توسط صنعت فرآوری این کشور به عنوان یکی از اجزاء محصول کاربرد دارند (Vattem and Shetty, 2003). با افزوده شدن ترکیبات زیست‌فعال و برخی باکتری‌های پروبیوتیک به فرآورده‌های غذایی، محصول فراسودمند تولید می‌شود، این محصولات ضمن دارا بودن ارزش تغذیه ای زیاد، سبب افزایش سطح سلامتی در جامعه می‌گردند. پژوهش‌ها حاکی از آن است که زرشک می‌تواند به عنوان یک ماده غذایی فراسودمند، به فرآورده‌های غذایی نظیر ماست افزوده شود. پژوهش‌ها نشان داده است که میوه ژنوتیپ‌های دانه‌دار زرشک، غنی از ریزمغذی‌های مورد نیاز بدن انسان نظیر پتاسیم، کلسیم، منیزیم و روی بودند (Farhadi Chitgar *et al*., 2016). یک فرد بالغ به طور متوسط روزانه به ۱۸ میلی‌گرم آهن، ۴۲۰ میلی‌گرم منیزیوم، ۱۱ میلی‌گرم روی و ۰/۹ گرم مس نیاز دارد (بانک اطلاعاتی سازمان غذا و دارو ایالات متحده) که زرشک می‌تواند تامین کننده بخشی از نیاز بدن به عناصر مغذی می‌باشد. علی‌رغم اینکه ایران یکی از رویشگاه-های مهم گونه‌ها و دورگه‌های مختلف زرشک بوده و نوع بی‌دانه آن یک محصول ملی محسوب می‌شود، تعداد بسیار کمی فراورده غذایی از زرشک در دسترس می‌باشد لذا مطالعه خصوصیات بیوشیمیایی میوه توده‌های بومی زرشک با هدف فراهم نمودن مقدمات تهیه فراورده های متنوع غذایی از زرشک صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

دوازده کدژنوتیپ (یک کدژنوتیپ بی‌دانه و یازده کدژنوتیپ دانه دار شامل ۲-۲، ۱-۴، ۱-۵، ۲-۵، ۳-۵، ۳-۸، ۱-۱۰، ۱-۱۱، ۱-۱۲، ۱-۱۳ و ۲-۱۴) که از لحاظ خصوصیات ظاهری میوه متمایز بودند، از میان بیش از ۳۰ کد ژنوتیپ موجود در باغ کلکسیون زرشک (تاسیس ۱۳۷۷) موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی واقع در مشهد انتخاب گردید (شکل ۱). منشاء کدژنوتیپ‌های بی‌دانه،۲-۲، ۱-۴، ۱-۵، ۲-۵، ۳-۵، ۳-۸ و همچنین کدژنوتیپ ۱-۱۱، استان خراسان جنوبی و منشاء سایر کدژنوتیپ‌ها مناطق اکوتونی مابین شاهرود در استان سمنان و استان گلستان می‌باشد.

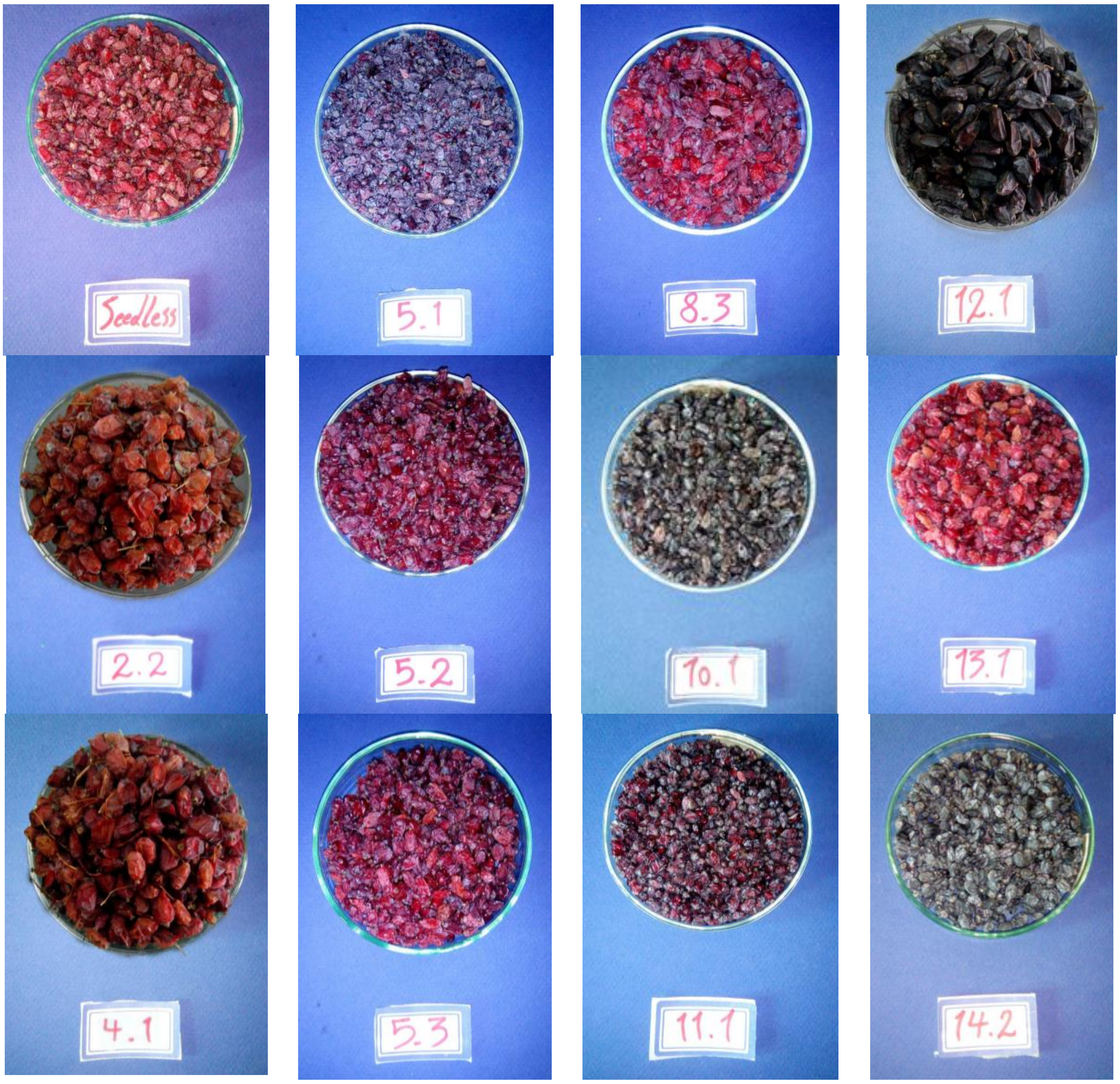
علت انتخاب یازده توده بومی همراه با زرشک بی دانه در این طرح، وجود تفاوت بارز در برخی خصوصیات ظاهری آن‌ها از نظر اندازه، رنگ و طعم میوه (جدول ۱) و در مورد کدژنوتیپ‌های ۱-۵ و ۱-۱۱ شباهت آن‌ها به یکدیگر علی‌رغم تفاوت منطقه جغرافیایی بود. به منظور نمونه‌برداری، از هر کدژنوتیپ ۳ درختچه (۲۰ ساله) به عنوان سه تکرار در نظر گرفته شد. سپس در آبان ماه (زمان رسیدگی کامل میوه همه ژنوتیپ‌ها[1]) سال ۱۳۹۵ میوه‌ها از چهار سمت هر درختچه برداشت و بخشی از آن در شرایط خشک‌کن معمولی (اتاق)، هواخشک و بخش دیگر تا زمان انجام آزمایش در یخچال نگهداری شد.

خصوصیات بیوشیمیایی شامل میزان رطوبت، فنل کل، فلاونوئید کل، آنتوسیانین کل، محتوای پروتئین، فیبر خام، قند کل، عناصر معدنی شامل آهن (Fe)، منیزیوم (Mg)، روی (Zn) و مس (Cu) در پالپ میوه خشک (بذرگیری شده) و میزان آب میوه، مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، نسبت TSS/TA، pH، در پالپ میوه تازه اندازه‌گیری شدند. به منظور تعیین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون، pH و مواد جامد محلول، مقدار ۵ گرم میوه تازه به روش دستی آبگیری شد و سپس با ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر، رقیق و pH آن با قرار دادن الکترود pH متر در نمونه تعیین گردید. با توجه به رنگی بودن آب میوه زرشک، میزان اسیدیته به روش تیتراسیون، با اندازه گیری مداوم pH تا رسیدن به pH= ۸/۳ به جای استفاده از معرف

[1] ۱- تغییر رنگ کامل میوه مطابق با زمان برداشت کشاورزان منطقه

فنل فتالئین انجام شد (Farhadi Chitgar and Varidi, 2014). با توجه به اینکه اسید مالیک، اسید غالب میوه زرشک می‌باشد (Özgen *et al*., 2012)، میزان اسیدیته بر حسب اسید مالیک محاسبه گردید.

مقدار مواد جامد محلول در آب‌میوه به کمک رفرکتومتر و بر اساس درجه بریکس اندازه‌گیری شد (Farhadi Chitgar *et al*., 2016). عصاره‌گیری به منظور تعیین فنل کل به روش پنتلیدیس و همکاران (Pantelidis *et al*., 2007) انجام شد. بدین منظور ۲ گرم زرشک خشک آسیاب شده با ۲۰ میلی‌لیتر متانول ۵۰ درصد به مدت ۲۴ ساعت به روش خیساندن عصاره‌گیری گردید. سپس قسمت رویی محلول به ظرف دیگری انتقال داده شد و باقیمانده با ۲۰ میلی‌لیتر دیگر از حلال عصاره‌گیری شد. در پایان، هر دو محلول با یکدیگر مخلوط شده و به وسیله کاغذ صافی و خلاء صاف گردید. این عصاره جهت تعیین فنل و فلاونوئید استفاده شد. فنل کل با روش فولین سیکالچو اندازه‌گیری شد و سپس میزان آن با استفاده از منحنی استاندارد گالیک اسید تعیین و به صورت میلی‌گرم هم‌ارز اسید گالیک در ۱۰۰ گرم زرشک خشک بیان گردید (Pantelidis *et al*., 2007).



شکل ۱- میوه کد ژنوتیپ‌های زرشک بررسی شده

Figure 1- Fruits of the evaluated barberry code-genotypes

جدول ۱- برخی خصوصیات ارگانولپتیکی میوه دوازده کدژنوتیپ زرشک مورد بررسی

Table 1- Some fruit organoleptic properties of the evaluated barberry code-genotypes

کد ژنوتیپ Code-genotype	رنگ میوه Fruit color	طعم و مزه میوه Fruit flavor	اندازه میوه Fruit size	سایر خصوصیات Other features
Seedless	قرمز Red	مطلوب Favorable	متوسط Average-sized	طعم ترش و شیرین Sweet-and-sour taste
2-2	نارنجی Orange	نسبتا نامطلوب Relatively unfavorable	نسبتا کوچک Relatively small	میوه گرد، کم‌دانه و خوشرنگ Low-seeded round colorful fruit
4-1	قرمز Red	نسبتا نامطلوب Relatively unfavorable	نسبتا درشت Relatively large	خوشه بلند Large fruit cluster
5-1	زرشکی تیره Dark crimson	مطلوب Favorable	متوسط Average-sized	جگری رنگ Maroon-color
5-2	قرمز Red	مطلوب Favorable	متوسط Average-sized	شباهت طعم به بی‌دانه Flavor similar to seedless genotype
5-3	قرمز Red	نسبتا مطلوب Relatively favorable	متوسط Average-sized	خوشه بلند Large fruit cluster
8-3	قرمز Red	نسبتا مطلوب Relatively favorable	درشت Large	طعم خیلی ترش Very sour taste
10-1	بنفش تیره Dark purple	نامطلوب unfavorable	متوسط Average-sized	طعم گس و پُر دانه Astringent taste, seedy fruit
11-1	زرشکی تیره Dark crimson	نسبتا مطلوب Relatively favorable	متوسط Average-sized	جگری رنگ Maroon-color
12-1	زرشکی بسیار تیره Very dark crimson	نسبتا نامطلوب Relatively unfavorable	متوسط Average-sized	میوه کشیده، خار بلند Elongated fruit, long thorn
13-1	قرمز Red	مطلوب Favorable	نسبتا درشت Relatively large	پُر محصول Fruitful
14-2	آبی تیره Dark blue	نسبتا مطلوب Relatively favorable	نسبتا کوچک Relatively small	خوشه کوتاه متراکم Short compact fruit cluster

به منظور تعیین فلاونوئید کل، ۱۸ میلی‌لیتر از عصاره به دست آمده به وسیله دستگاه روتاری اواپراتور (تقطیر در خلاء) خشک و در ۷ میلی‌لیتر محلول متانول ۵۰ درصد- دی‌متیل سولفوکساید (با نسبت ۵۰:۵۰) حل شد. سپس میزان فلاونوئید کل به روش شماره یک «رنگ سنجی آلومینیوم کلرید» مورد استفاده توسط پکال و همکاران (Pękal and Pyrzynska, 2014) تعیین گردید. میزان آنتوسیانین کل نیز به روش یانگ و همکاران (Yang *et al.*, 2012) تعیین شد. جهت تعیین میزان انتوسیانین کل طبق روش pH افتراقی عمل شد و غلظت آنتوسیانین به وسیله فرمول‌های زیر (۱ و ۲) محاسبه گردید:

$$\text{غلظت آنتوسیانین}\ (mg.L^{\wedge}(-1)) = (A \times MW \times DF \times 1000)/\text{£} \times 1 \qquad (۱)$$

$$A = (A_{510} - A_{700})_{pH\ 1.0} - (A_{510} - A_{700})_{pH\ 4.5} \qquad (۲)$$

A = جذب

MW = وزن مولکولی آنتوسیانین غالب (سیانیدین ۳- گلیکوزید) = ۴۴۹/۲ g.mol^{-1}

£ = ضریب خاموشی سیانیدین-۳-گلیکوزید = ۲۶۹۰۰

DF = فاکتور رقت

۱ = عرض عبور نور از سل = ۱ سانتی‌متر

میزان آب میوه تازه از طریق اندازه‌گیری تفاوت وزن مقدار معینی زرشک تازه به دست آمد. درصد رطوبت زرشک خشک نیز به روش توزین میوه‌های هواخشک‌شده، قبل و بعد از قرار دادن در آون ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید (Farhadi Chitgar *et al.*, 2016). تعیین میزان پروتئین نمونه ها به روش کجلدال صورت گرفت. محتوای فیبرخام توسط روش رایج هضم اسیدی و سوزاندن در کوره الکتریکی محاسبه گردید (AOAC, 2005)، قند کل بر اساس روش مک کریدی (۱۹۵۰) و میزان عناصر معدنی با استفاده از دستگاه (ICP- OES) تعیین گردید (McCreadyGulsoy *et al.*, 2011 ; *et al.*, 1950). آنالیز آماری داده‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی، توسط نرم‌افزار مینی‌تب (Minitab) نسخه ۱۶ با استفاده از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین در سطح معنی‌داری $p \leq ۰/۰۵$ و توسط آزمون توکی انجام گرفت.

نتایج و بحث

بر طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) در بین کدژنوتیپ‌های زرشک مورد بررسی، از نظر خصوصیات بیوشیمیایی تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد مشاهده شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس خصوصیات بیوشیمیایی در کدژنوتیپ‌های زرشک مورد بررسی
Table 2- ANOVA for the biochemical properties in the evaluated barberry code-genotypes

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares								
		رطوبت Moisture	آبمیوه Fruit Juice	مواد جامد محلول TSS	اسیدیته قابل تیتراسیون TA	نسبت TSS/TA	اسیدیته pH	فنل کل Total phenol	فلاونوئید کل Total flavonoid	آنتوسیانین کل Total anthocyanin
ژنوتیپ Genotype	11	3.93**	149.78**	1.66**	3.07**	0.29**	0.05**	119599**	115091**	68346**
خطا Error	24	0.97	4.00	0.199	0.24	0.02	0.004	13678	2397	432
کل Total	35									
ضریب تغییرات CV (%)		13.27	11.43	20.49	26.61	31.19	4.78	18.08	44.76	72.20

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و درصد۱.
ns, * and **: Non-significant, significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

ادامه جدول ۲- تجزیه واریانس خصوصیات بیوشیمیایی در کدژنوتیپ‌های زرشک مورد بررسی
Table 2 Continued- ANOVA for the biochemical properties in the evaluated barberry code-genotypes

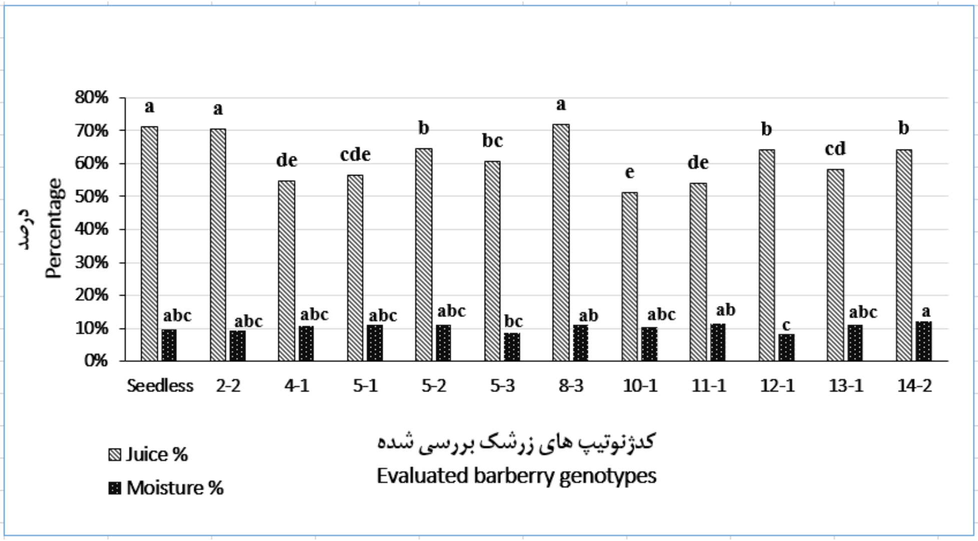
منبع تغییرات SV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares						
		فیبر خام Crude fiber	پروتئین کل Total protein	قند کل Total sugar	Fe	Mg	Zn	Cu
ژنوتیپ Genotype	11	549.56**	0.61**	842.27**	1214.1**	310280**	26.95*	1.798**
خطا Error	24	4.46	0.15	19.73	130.1	3392	8.99	0.12
کل Total	35							
ضریب تغییرات CV (%)		96.26	15.94	161.77	20.08	60.49	29.86	16.96

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد.
ns, * and **: Non-significant, significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

درصد رطوبت و آبمیوه

با توجه به بررسی‌های انجام گرفته، بین برخی کدژنوتیپ‌ها از نظر درصد آب میوه و درصد رطوبت اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. طبق نتایج، کدژنوتیپ ۳-۸ دارای بیش‌ترین درصد آبمیوه (۷۱/۸۷ درصد) بود و پس از آن ژنوتیپ بی‌دانه (۷۱/۱۶ درصد) قرار داشت که با محتوای رطوبتی میوه تازه (درصد آبمیوه) زرشک *B. vulgaris* (۷۱/۴۲ درصد) که قبلا توسط آکبولوت و همکاران (Akbulut *et al.*, 2009) گزارش شده بود، همخوانی داشت. همچنین کدژنوتیپ ۲-۲ نیز دارای درصد آب میوه برابر با ۷۰/۴۶ درصد بود که از این نظر با ژنوتیپ بی‌دانه اختلاف معنی‌داری نداشت؛ بنابراین کدژنوتیپ های ۳-۸ ، بی دانه و ۲-۲ را می توان در گروه ژنوتیپ های آبدار قرار داد. در میان کدژنوتیپ‌ها، کدژنوتیپ ۱-۱۰ دارای کم‌ترین درصد آب میوه (۵۱/۲۲ درصد) و کم‌ترین درصد رطوبت (۸/۱۹ درصد) بود. همچنین کدژنوتیپ ۲-۱۴ بیش‌ترین درصد رطوبت (۱۲ درصد) را نشان داد (شکل ۲). تاکنون اثبات شده است که ارتباط تنگاتنگی بین محتوای رطوبتی و نگهداری محصولات کشاورزی وجود دارد و بررسی قابلیت نگهداری ژنوتیپ‌های مختلف در انبار نیاز به بررسی‌های بیش‌تری دارد. درصد آب میوه نیز در تعیین نوع مصرف میوه موثر می‌باشد. سود و همکاران (Sood *et al.*, 2010) میزان

محتوای رطوبتی میوه تازه را برای گونه زرشک (*Berberis lycium*) ۰/۱۲ ± ۸۳/۲۹ درصد ذکرنمودند. رویز و همکاران (Ruiz *et al.*, 2010) نیز به بررسی چهار نوع میوه کالافاته (*Berberis microphylla*) پرداختند و مقادیر ۶۵/۶ درصد تا ۷۸/۶ درصد را برای دامنه درصد رطوبت میوه تازه گزارش کردند. آوان و همکاران (Awan *et al.*, 2014) نیز میزان رطوبت میوه تازه سه گونه زرشک پاکستان (*calliobotrys*، *orthobotrys* و *psedumbellata*) را مورد بررسی قرار دادند و گزارش کردند که گونه *calliobotrys* با ۸۰/۴۷ درصد دارای بالاترین میزان درصد رطوبت نسبت به دو گونه *orthobotrys* (۷۴ /۹۶ درصد) و *psedumbellata* (۸۰/۱۳ درصد) می‌باشد (Awan *et al.*, 2014).



شکل ۲- درصد رطوبت میوه و آبمیوه کدژنوتیپ‌های زرشک بررسی شده

Figure 2- Fruit moisture and juice percentage of the evaluated barberry genotypes

(Tukey, $p \leq 0.05$).

مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، نسبت TSS/TA، pH

بر اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۳) کدژنوتیپ ۱-۱۳ با pH= ۲/۷، دارای بیشترین اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) (۵/۶۱ گرم اسید مالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر) و بیشترین مواد جامد محلول (۵/۵۰°Brix) بود. بیشترین نسبت TSS/TA (۱/۸۹) به کدژنوتیپ ۲-۵ اختصاص یافت که دارای کم‌ترین میزان اسیدیته قابل تیتراسیون (۲/۶۴ گرم اسید مالیک در ۱۰۰ گرم وزن تر) بود. کمترین میزان TSS (۳/۰۳ Brix°) مربوط به کدژنوتیپ ۲-۲ بود. همچنین بیشترین میزان pH، (۳/۲) در کدژنوتیپ ۲-۱۴ مشاهده شد. آکبولوت و همکاران (Akbulut *et al.*, 2009) اسیدیته قابل تیتراسیون (۳/۱۰ درصد) و pH (۳/۳۵) را در زرشک *B. vulgaris* گزارش کرده‌اند که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد.

فرهادی چیتگر و همکاران (Farhadi Chitgar and Varidi, 2014) مقادیر اسیدیته، pH و مواد جامد محلول را در سه گونه زرشک بی‌دانه، زرافشانی و زالزالکی اندازه‌گیری کردند. آن‌ها به ترتیب مقادیر ۰/۰۱۴ ± ۳/۸۵ گرم اسید مالیک در ۱۰۰ گرم، ۰/۰۱۴ ± ۲/۷۱ و ۰/۲۸۹ ± ۱۸/۹۷ درصد را برای زرشک بی‌دانه، مقادیر ۰/۰۷۲ ± ۵/۱۸ گرم اسید مالیک در ۱۰۰ گرم، ۰/۰۱۴ ± ۲/۵۳ و ۰/۱۵۳ ± ۱۹/۰۳ درصد را برای زرشک زرافشانی و مقادیر ۰/۳۷۰ ± ۵/۶۳ گرم اسید مالیک در ۱۰۰ گرم، ۰/۰۹۵ ± ۲/۴۹ و ۰/۴۹۰ ± ۱۷/۱۵ درصد را برای زرشک زالزالکی گزارش نمودند (Farhadi Chitgar and Varidi, 2014). همچنین فرهادی چیتگر و همکاران (Farhadi Chitgar *et al.*, 2016) مقادیر مواد جامد محلول (درصد)، pH و اسیدیته قابل تیتراسیون (گرم اسید مالیک بر ۱۰۰گرم) را در سه ژنوتیپ زرشک بومی سمنان با نام‌های نوشین، نگارین و پرچین مورد بررسی قرار دادند که مقادیر این سه خصوصیت را به ترتیب برای ژنوتیپ نوشین برابر ۰/۱۴۱± ۲۱/۶۰ درصد، ۰/۰۱۴± ۲/۸۰ و ۰/۰۱±۴/۷۴ گرم اسید مالیک بر ۱۰۰ گرم، برای ژنوتیپ نگارین به ترتیب ۰/۰۹۸± ۲۲/۲۳ درصد، ۰/۰۰۷± ۲/۶۴ و ۰/۱۳۲± ۵/۰۶ گرم اسید مالیک بر ۱۰۰ گرم و برای ژنوتیپ پرچین به ترتیب ۰/۰۷۱± ۱۹/۳۵ درصد، ۰/۰۰۷± ۲/۸۱و ۰/۰۰۹± ۴/۱۳ گرم اسید مالیک بر ۱۰۰ گرم گزارش نمودند (Farhadi Chitgar *et al.*, 2016). تفاوت نتایج به این دلیل می‌باشد که این پژوهشگران، مقادیر مواد جامد محلول را در آب میوه تازه اندازه‌گیری کردند در حالیکه در این پژوهش آبمیوه رقیق شده مورد ارزیابی قرار گرفت.

جدول ۳- برخی خصوصیات بیوشیمیایی میوه کدژنوتیپ‌های زرشک مورد بررسی
Table 3- Some fruit biochemical properties of the evaluated barberry code-genotypes

کدژنوتیپ Code-genotype	مواد جامد محلول* Total soluble solids (Brix°)	اسیدیته قابل تیتراسیون* Titratable acidity (%)	نسبت مواد جامد محلول/ اسیدیته قابل تیتراسیون* TSS/TA ratio	اسیدیته* pH	فنل کل Total phenol (mg.100g^{-1})	فلاونوئید کل Total flavenoid (mg.100g^{-1})	آنتوسیانین کل Total anthocyanin (mg.100g^{-1})
Seedless	3.43^{c}	2.87^{ef}	1.22^{b}	2.95^{cdef}	1273.22^{abc}	492.56^{c}	343.71^{c}
2-2	3.03^{c}	2.86^{ef}	1.06b^{c}	2.90^{def}	1274.00^{abc}	276.15^{def}	35.96^{g}
4-1	4.28^{abc}	4.45^{abcd}	0.98^{bcd}	2.88^{def}	1386.72^{a}	273.50^{ef}	88.81e^{fg}
5-1	4.20^{abc}	3.88^{cdef}	1.09^{bc}	3.10^{abc}	1482.61^{a}	682.59^{b}	371.94^{bc}
5-2	4.97^{ab}	2.64^{f}	1.89^{a}	3.01^{abcde}	1225.72^{abc}	342.13^{def}	98.02^{ef}
5-3	4.00^{bc}	5.46^{ab}	0.74^{cd}	2.83^{ef}	1342.76^{ab}	249.43^{f}	123.05^{e}
8-3	3.83^{bc}	3.45^{def}	1.11^{bc}	2.92^{cdef}	1266.43^{abc}	352.68^{cdef}	105.10^{ef}
10-1	3.50^{c}	4.13^{bcde}	0.85^{bcd}	3.16^{ab}	1195.44^{abc}	415.92^{cde}	245.86^{d}
11-1	4.33^{abc}	4.13^{bcde}	1.05^{bcd}	3.08^{abcd}	1200.43^{abc}	652.31^{b}	408.29^{ab}
12-1	3.15^{c}	5.10^{abc}	0.62^{d}	2.97^{bcde}	756.30^{d}	418.46^{cd}	127.29^{e}
13-1	5.50^{a}	5.61^{a}	1.00^{bcd}	2.75^{f}	1011.42^{bcd}	219.72^{f}	52.68f^{g}
14-2	3.33^{c}	3.38^{def}	1.00^{bcd}	3.20^{a}	965.31^{cd}	837.53^{a}	452.06^{a}

داده‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشند.

* مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون، نسبت TSS/TA و نیز اسیدیته در آبمیوه رقیق شده تعیین گردیده است.

Means with similar letters in each column are not significantly different based on the Tukey test ($p \le 0.05$),.
* TSS, TA, TSS/TA and pH were determined in diluted barberry juice.

فنل، فلاونوئید و آنتوسیانین کل

با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) بین کـدژنوتیپ‌هـای مورد بررسی، صفت فنل کل در سطح یک درصد معنی‌دار بودند. طبق نتایج در میان برخی کدژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظـر میـزان فنـل کل، اختلاف معنـی‌دار مشـاهده شـد (جـدول ۳). کـدژنوتیپ ۱-۵ بـا میانگین ۱۴۸۲/۶۱ میلی گرم اسید گالیک در یکصد گرم میوه خشک و پـس از آن کـدژنوتیپ ۱-۴ دارای بـیش‌تـرین میـزان فنـل کـل و کدژنوتیپ ۱-۱۲ با ۷۵۶/۳۰ میلی‌گرم اسید گالیک در یکصد گرم میوه خشک دارای کم‌ترین میزان فنل کـل بودند. گزارشـات متعـددی در مورد میزان فنل کل زرشک بی‌دانه وجود دارد که بـه نظـر مـی‌رسـد تفاوت میان این گزارشات ناشی از تفاوت در روش‌های اندازه‌گیـری و نوع گزارش نتایج باشـد. حسـن‌پـور و علیـزاده (Hassanpour and Alizadeh, 2016) با بررسی ۲۰ ژنوتیپ بومی زرشک، میـزان فنـل گونـه هـای *vulgaris* و *integerrima* را بـین ۲۶۱/۶۸ و ۶۲۳/۰۷ میلی‌گرم در صد گرم وزن تر گزارش کردنـد کـه بـا در نظـر گـرفتن میانگین حدود ۸۰ درصد رطوبت میوه تـازه زرشـک، نتـایج پـژوهش حاضر با مقادیر گـزارش شـده توسـط ایـن محققـین همخـوانی دارد (Hassanpour and Alizadeh, 2016). آکبولـوت و همکـاران (Akbulut *et al*., 2009)، میـزان ±۸۸/۵۰mg/100g GAE ۷۸۹/۳۲ را برای میزان فنل کل میوه تازه زرشک *B. vulgaris* ترکیه گزارش کردند. شریفی و پوراکبر (Sharifi and Poorakbar, 2015)

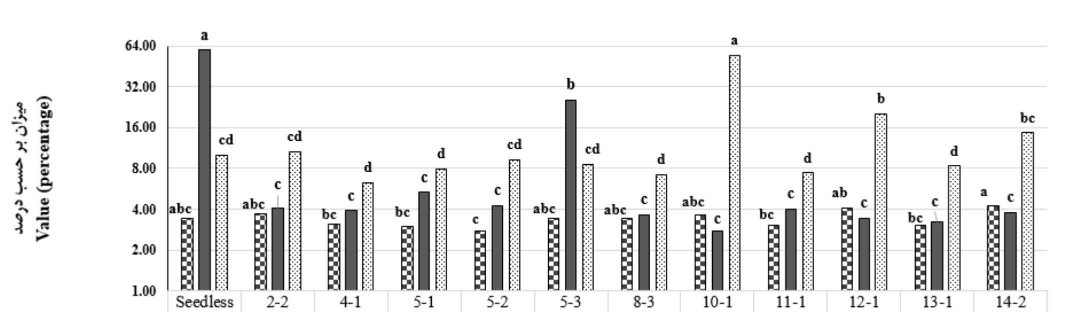
میزان ترکیبـات فنلـی بـر حسـب اسـید گالیـک را در زرشـک تـازه (*Berberis integerrima*) 0.4953 ± 2.553 mg/g FW و در زرشک خشک ۵۹/۵۷۶ ± ۰/۸۳۴۸ mg/g DW بیان کردند و نشـان دادنـد کـه زرشـک تـر نسـبت بـه خشـک فنـل کمتـری دارد. ایـن پژوهشگران، میزان ترکیبات فنلی را در عصاره اتانولی زرشک خشـک ۵۱/۴۸۵ ± ۳/۱۳۰۴ و در زرشک تازه ۰ ± ۲۳/۸۲۴ میلی‌گـرم اسـید گالیک در گرم عصاره گـزارش کردنـد (Sharifi and Poorakbar, 2015). در میان کدژنوتیپ‌های موردررر بررسی، کدژنوتیپ ۲- ۱۴ بـا میزان ۸۳۷/۵۳ میلی گرم کوئرستین در یکصـد گـرم میـوه خشـک حائز بیش‌ترین میزان فلاونوئید کل بود. کم‌ترین میزان فلاونوئیـد بـا ۲۱۹/۷۲، به کدژنوتیپ ۱-۱۳ اختصاص یافـت و زرشـک بـی‌دانـه بـا میزان فلاونوئید ۴۹۲/۵۶ میلی گرم کوئرستین در یکصـد گـرم میـوه خشک در حد وسط قرار گرفت. کدژنوتیپ ۲-۱۴ با رنـگ آبـی تیـره، دارای بیش‌ترین میزان آنتوسیانین کل ۴۵۲/۰۶ میلی‌گرم سـیانیدین۳ گلیکوزید در یکصد گرم میوه خشک بود و کـدژنوتیپ ۲-۲ بـا رنـگ نارنجی، از کم‌تـرین میـزان آنتوسـیانین کـل بـا ۳۵/۹۶ میلـی گـرم سیانیدین۳ گلیکوزید در یکصد گرم میوه خشک برخوردار بود. حسـن پور و علیزاده (۲۰۱۶) میزان آنتوسیانین ژنوتیپ‌های وحشـی بـومی را بین ۱۶/۳۲ تا ۹۱/۶۶ میلی‌گرم در صد گرم وزن تر و میزان فلاونوئید کل را بین ۱۳۲/۶۶ و ۲۸۰ میلی‌گرم در صد گرم وزن تر اعلام کردنـد که با توجه به شاخص برداشت ۱/۵ در زرشک می‌تـوان اظهـار نمـود

مقادیر آنتوسیانین و فلاونوئید کل در پژوهش حاضر با محدوده گزارش شده توسط این پژوهشگران مطابقت دارد (Hassanpour and Alizadeh, 2016). نتایج نشان داد کدژنوتیپ‌های ۲-۱۴ و ۱-۱۱ (۴۰۸/۲۹ میلی‌گرم در صد گرم) با توجه به میزان آنتوسیانین کل بالا، از پتانسیل مناسبی جهت تهیه رنگ‌های خوراکی برخوردارند و می‌توان از آن‌ها به عنوان رنگ سالم طبیعی به جای رنگ‌های زیانبار شیمیایی در صنایع غذایی استفاده کرد. آنتوسیانین‌ها علاوه بر خصوصیت رنگ‌دهندگی اثر درمانی نیز دارند، این ترکیبات، دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی هستند که برای بسیاری از سیستم‌های بدن نقش حفاظتی دارند و به پیشگیری از بیماری سرطان نیز کمک می‌کنند (Behrad *et al*., 2022).

فیبرخام، پروتئین و قند کل

نتایج جدول ۲ حاکی از وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال یک درصد در بین کدژنوتیپ های زرشک از لحاظ میزان پروتئین، قند کل و فیبر می‌باشد. طبق شکل ۳، کدژنوتیپ ۲-۱۴ از بالاترین میزان پروتئین (۴/۲۶ درصد) برخوردار بود. بر طبق نتایج، کدژنوتیپ ۲-۵ دارای پایین ترین میزان پروتئین (۲/۷۷ درصد) می باشد. فرهادی چیتگر و همکاران (۲۰۱۴) مقادیر۵/۴۴، ۳/۵۵ و۲/۰۰، درصد را برای میزان پروتئین سه گونه زرشک زرافشانی، زالزالکی و بی‌دانه گزارش نمودند که نتایج پژوهش حاضر با نتایج این پژوهشگران همخوانی دارد (Farhadi Chitgar and Varidi, 2014). میزان قند کل کدژنوتیپ بی‌دانه (۵۹/۶۱ درصد) دو برابر کدژنوتیپ ۳-۵ (۲۵/۶۷ درصد) و بیش از ۱۰ برابر سایر کدژنوتیپ‌ها بود (شکل ۳). این تفاوت در میزان قند با توجه به طعم این کدژنوتیپ‌ها قابل پیش‌بینی بود.

میزان قند کل میوه زرشک در برخی پژوهش‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج فرهادی چیتگر و همکاران (Farhadi Chitgar and Varidi, 2014) نیز میزان قندهای احیا (روش لین آینون)، را در زرشک بی‌دانه تقریبا دو برابر گونه‌های وحشی نشان داد. در پژوهش ها، میانگین ۶/۱۲، ۸/۸۴ و ۱۴/۹۶ گرم بر میلی‌لیتر به ترتیب برای میزان فروکتوز، گلوکز و قند کل میوه زرشک *B. vulgaris* ترکیه گزارش شده است (Özgen *et al*., 2012). درصد قندهای احیاء میوه گونه *B. vulgaris* ترکیه، ۶/۵۲ درصد و میزان پروتئین آن ۱۰/۳۲ درصد بیان شده است (Akbulut *et al*., 2009). مقایسه میانگین کدژنوتیپ‌ها نشان داد کدژنوتیپ تیره رنگ ۱-۱۰ دارای بیشترین میزان فیبر (۵۴/۹۶ درصد) بود. این کدژنوتیپ دارای درصد پالپ میوه بسیار پایینی است و به نظر می‌رسد که برونبری ضخیم و فیبری، هسته درشت آن را احاطه کرده است. البته تفکیک بخش‌های مختلف فرابر میوه نیازمند بررسی بیشتری است. کدژنوتیپ ۱-۴ دارای کمترین میزان فیبر خام (۶/۲۳ درصد) بودند (شکل ۳). در آزمایش-های فرهادی چیتگر و همکاران (Farhadi Chitgar and Varidi, 2014)، میزان فیبر خام زرشک بر اساس وزن، به ترتیب ۲۰/۳ درصد برای گونه زرافشانی، ۱۹/۵ درصد برای گونه زالزالکی و ۹/۵ درصد برای زرشک بی‌دانه به دست آمد. آوان و همکاران (Awan *et al*., 2014) پس از بررسی میوه تازه سه گونه زرشک، این نتایج را گزارش کردند: در *B. calliobotrys* میزان فیبر خام ۰/۷۳ درصد، در *B. orthobotrys* میزان فیبر خام ۰/۷۸ درصد و در *B. pseudumbellata* میزان فیبر خام ۰/۹۴ درصد بود. درصد سلولز خام زرشک *B. vulgaris*، ۹/۴۲ درصد گزارش شده است (Awan *et al*., 2014).



	Seedless	2-2	4-1	5-1	5-2	5-3	8-3	10-1	11-1	12-1	13-1	14-2
Protein- پروتئین	3.41	3.68	3.12	3.00	2.77	3.40	3.44	3.62	3.06	4.11	3.03	4.26
Total sugar- قند کل	59.61	4.05	3.91	5.34	4.25	25.67	3.65	2.77	4.04	3.44	3.23	3.79
Fiber- فیبر	10.04	10.53	6.23	7.97	9.23	8.51	7.24	54.96	7.40	20.20	8.33	14.65

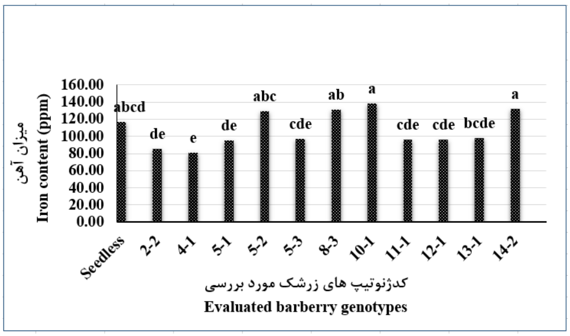
کدژنوتیپ‌های زرشک مورد بررسی
Evaluated barberry code-genotype

شکل ۳- میزان فیبر خام، قند کل و پروتئین در میوه کدژنوتیپ‌های زرشک مورد بررسی

Figure 3- Crude fiber, total sugar and protein content in fruits of the evaluated barberry code-gentypes
(Tukey, $p \leq 0.05$)

عناصر معدنی

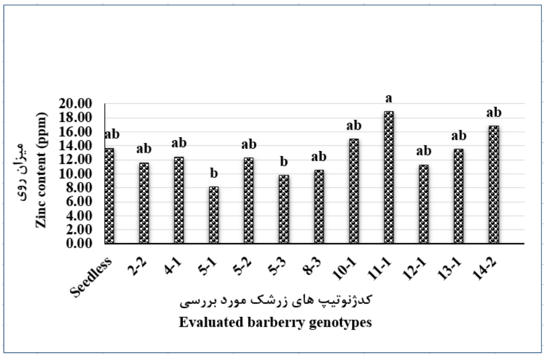
در این پژوهش تفاوت معنی‌داری (در سطح یک درصد) در بین کدژنوتیپ‌ها از نظر میزان عناصر معدنی مشاهده شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کدژنوتیپ ۱-۱۰ دارای بیشترین میزان آهن (۱۳۸/۴۹ قسمت در میلیون) و منیزیوم (۱۴۲۶/۳۹ قسمت در میلیون) بود و از نظر میزان روی (۱۴/۹۱ قسمت در میلیون) نیز در گروه برترین‌ها قرار گرفت. از لحاظ میزان عنصر مس، کدژنوتیپ ۲-۱۴ با ۶/۸۰ قسمت در میلیون در جایگاه اول قرار گرفت (شکل‌های ۴، ۵، ۶ و ۷).



شکل ٤- میزان آهن در میوه کدژنوتیپ‌های زرشک مورد بررسی

Figure 4- Iron content in fruits of the evaluated barberry code-genotypes

(Tukey, *p≤0.05*)



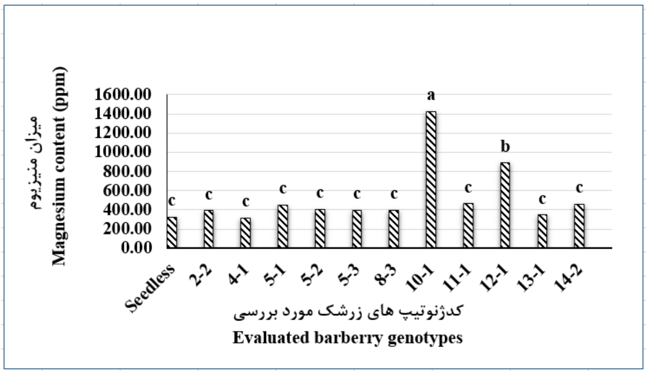
شکل ٥- میزان عنصر روی در میوه کدژنوتیپ‌های زرشک مورد بررسی

Figure 5- Zinc content in fruits of the evaluated barberry code-genotypes

(Tukey, *p≤0.05*)

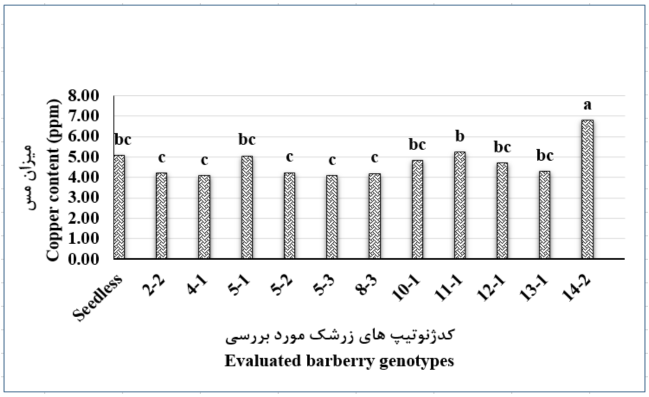
رحیمی‌مدیسه و همکاران (Rahimi-Madiseh *et al.*, 2017) در بررسی‌های خود بر روی میوه خشک اکوتیپ های متفاوت از دو گونه زرشک؛ (سیاه) *B. khorasanica*، (قرمز) *B. khorasanica* و (سیاه) *B. bakhtiarica*، میزان برخی عناصر معدنی را بدین صورت اعلام کردند: گونه (سیاه) *B. khorasanica* دارای ۰/۰۱۶±۰/۱۹۷ درصد منیزیم، ۴۲/۵۲±۴۶۸/۸۳ میلی‌گرم در کیلوگرم آهن، ۹/۸۷±۷۸/۴۳ میلی‌گرم در کیلوگرم روی، ۳/۴۶±۴۷/۳۷ میلی‌گرم در کیلوگرم مس بود. گونه (سیاه) *B. bakhtiarica* نیز دارای ۰/۰۲۳±۰/۴۷۹ درصد منیزیم، ۲۶/۸۲±۴۱۵/۵۳ میلی‌گرم در کیلوگرم آهن، ۵/۲۷±۵۵/۳۷ میلی‌گرم در کیلوگرم روی، ۳/۰۳±۴۹/۸۴ میلی گرم در کیلوگرم مس بود. همچنین گونه (قرمز) *B. khorasanica* دارای ۰/۰۳۴±۰/۵۴۱درصد منیزیم، ۲۹۰/۵۷±۲۶۵۰/۳۴ میلی‌گرم در کیلوگرم آهن، ۳/۵۲±۲۷/۵۳ میلی‌گرم در کیلوگرم روی، ۲/۶۹±۳۳/۶۷ میلی‌گرم در کیلوگرم مس بود (Rahimi-Madiseh *et al.*, 2017). اوزگن و همکاران (Özgen et al., 2012) میزان عناصر معدنی میوه زرشک گونه *B. vulgaris* ترکیه را به صورت زیر بر اساس قسمت در میلیون گزارش کردند: (آهن،۳۲۳ قسمت در میلیون)، (منیزیوم، ۱۱۹۳ قسمت در میلیون)، (روی، ۷/۹۵ قسمت در میلیون) و (مس، ۴/۷۵ قسمت در میلیون). اندولا و همکاران (Andola *et al.*, 2011) نیز میزان منیزیوم، روی و مس را برای گونه زرشک *B. asiatica* ۱/۱، ۱/۱ و ۱/۶۷ میکروگرم بر گرم؛ برای گونه *B. aristata*، ۱/۴، ۴/۸ و ۱/۳۵ میکروگرم بر گرم و برای گونه

B. lyceum، ۳/۴، ۴/۵ و ۷/۲ میکروگرم بر گرم محاسبه کردند. اختلاف در جذب عناصر غذایی و توزیع آنها در بخش‌های مختلف گیاهان بستگی به خصوصیات ژنتیکی گیاه دارد. چنین اختلافاتی در پایه‌های مختلف درختان میوه و سبزی‌ها گزارش شده است (Andola *et al*., 2011).



شکل ٦- میزان منیزیوم در میوه کدژنوتیپ‌های زرشک مورد بررسی

Figure 6- Magnesium content in fruits of the evaluated barberry code-genotypes
(Tukey, $p \leq 0.05$)



شکل ۷- میزان مس در میوه کدژنوتیپ‌های زرشک مورد بررسی

Figure 7- Copper content in fruits of the evaluated barberry code-genotypes
(Tukey, $p \leq 0.05$)

تفاوت میزان عناصر معدنی ژنوتیپ‌های بررسی شده در پژوهش حاضر با سایر ژنوتیپ‌های وحشی بررسی شده توسط سایر پژوهشگران به این دلیل می‌باشد که اندازه‌گیری عناصر معدنی در این پژوهش فقط در پالپ میوه صورت گرفته است در صورتی که سایر پژوهش‌ها میوه کامل (بذر و پالپ) را بررسی کرده‌اند. پژوهش‌ها نشان داده است که بذر زرشک به تنهایی دارای عناصر معدنی می‌باشد (Farhadi Chitgar and Varidi, 2014; Andola *et al*., 2011; Halimi *et al*., 2011; Mazzuca *et al*., 2005).

نتیجه‌گیری

زرشک بی‌دانه تاکنون عمدتاً به عنوان چاشنی غذایی مورد استفاده بوده و به صورت محدود در صنایع تبدیلی استفاده شده است، با انجام پژوهش حاضر و مشخص شدن خصوصیات بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های دانه‌دار و بی‌دانه، پیشنهاد می‌گردد مطالعه‌ای جامع برای تعیین کاربردهای غذایی و دارویی زرشک‌های بومی انجام و قابلیت‌های این محصول ارزشمند ملی، مورد بهره برداری بهینه قرار گیرد. در ارزیابی کلی بین دوازده ژنوتیپ زرشک مورد بررسی، کدژنوتیپ ۲-۱۴ به دلیل دارا بودن بالاترین میزان فلاونوئید کل، آنتوسیانین کل، پروتئین و مس ژنوتیپ برتر بود و می‌تواند از نظر تکثیر و کشت آزمایشی در مناطق مناسب مورد توجه قرار گیرد. میوه کدژنوتیپ ۱-۱۰ علی‌رغم برخورداری از هسته‌های درشت و نسبت کم بخش خوراکی به هسته، دارای عناصر معدنی و فیبر بالایی بود لذا بررسی بیشتر ترکیبات مغذی و روغن هسته آن پیشنهاد می‌گردد. با توجه به اینکه ایران یکی از رویشگاه‌های مهم گونه‌ها و دورگه‌های مختلف

زرشک است و نوع بی‌دانه آن به عنوان یک محصول ملـی محسـوب می‌شود، کسب دانش فنی در مورد زرشک‌های بومی و تهیـه فـرآورده های غذایی از این محصول ارزشمند کشورمان می‌تواند به عنوان یک فناوری جدید، سبب توسعه اقتصادی در مناطق تولید زرشک گردد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی مصوب صـندوق حمایـت از پژوهشگران و فناوران کشور با عنوان «بررسی ترکیبات زیست‌فعـال و خصوصیات تغذیه‌ای دارویی زرشک‌های بومی ایران بـا هـدف تعیـین کاربردهای مناسب آن‌ها» با کد ۹۳۰۵۱۱۷۲ می‌باشد کـه بـا حمایـت موسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی اجرا شده است.

منابع

1. Akbulut, M., Çalisir, S., Marakoglu, T., & Coklar, H. (2009). Some physicomechanical and nutritional properties of barberry (Berberis vulgaris L.) fruits. *Journal of Food Process Engineering*, *32*(4), 497-511. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2007.00229.x
2. Alizadeh, H.-R., Mortezapour, H., Akhavan, H.-R., & Balvardi, M. (2021). Physicochemical changes of barberry juice concentrated by liquid desiccant-assisted solar system and conventional methods during the evaporation process. *Journal of Food Science and Technology*, *58*, 4370-4381. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13197-020-04919-z
3. Andola, H.C., Rawal, R.S., & Bhatt, I.D. (2011). Comparative studies on the nutritive and anti-nutritive properties of fruits in selected Berberis species of West Himalaya, India. *Food Research International*, *44*(7), 2352-2356. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.07.017
4. AOAC. (2005). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists* (Vol. 2). Association of Official Analytical Chemists.
5. Ardestani, S.B., Sahari, M.A., Barzegar, M., & Abbasi, S. (2013). Some physicochemical properties of Iranian native barberry fruits (abi and poloei): *Berberis integerrima* and *Berberis vulgaris*. *2013*, *1*(3). https://doi.org/10.14499/jfps
6. Awan, M. S., Ali, S., Ali, A., Hussain, A., & Ali, M. (2014). A comparative study of barberry fruits in terms of its nutritive and medicinal contents from CKNP region, Gilgit-Baltistan, Pakistan. *Journal Biodiversity Environment Science 5*, 9-17.
7. Bandaru, H., & Bakshi, M. (2020). Fruit Leather: Preparation, packaging and its effect on sensorial and physico-chemical properties: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *9*(6), 1699-1709. https://doi.org/https://doi.org/10.22271/phyto.2020.v9.i6y.13192
8. Behrad, Z., Sefidkon, F., Ghasemzadeh, H., Rezadoost, H., & Balandary, A. (2022). Determination of phenolic compounds and antioxidant activities of 55 Iranian Berberis genotypes. *Journal of Medicinal Plants and By-Product*. https://doi.org/https://doi.org/10.22092/jmpb.2022.356303.1413
9. Farhadi Chitgar, M., & Varidi, M. (2014). Evaluation of physical and chemical characteristics of three Iranian barberry. *Journal of Food Research (University of Tabriz)*, *21*, 63-76. (In Persian with English abstract)
10. Farhadi Chitgar, M., Varidi, M., Varidi, M.J., & Balandari, A. (2016). Comparative study on some physical and chemical properties of three native seed berberis genotypes from Semnan province. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, *12*(2), 250-260. (In Persian with English abstract). https://www.magiran.com/paper/1596946
11. Gulsoy, S., Ozkan, G., & Ozkan, K. (2011). Mineral elements, phenolics and organic acids of leaves and fruits from *Berberis crataegina* DC. *Asian Journal of Chemistry*, *23*(7), 3071.
12. Halimi, M., Vahedi, H., Lari, J., & Nasrabadi, M. (2011). Chemical composition of n-hexane extract of the fruit from bereberise integrrima of Iran. *Der Pharmacia Sinica*, *2*(2), 27-30.
13. Hassanpour, H., & Alizadeh, S. (2016). Evaluation of phenolic compound, antioxidant activities and antioxidant enzymes of barberry genotypes in Iran. *Scientia Horticulturae*, *200*, 125-130. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.015
14. Jiménez, C.D.C., Flores, C.S., He, J., Tian, Q., Schwartz, S.J., & Giusti, M.M. (2011). Characterisation and preliminary bioactivity determination of *Berberis boliviana* Lechler fruit anthocyanins. *Food Chemistry*, *128*(3), 717-724. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.094
15. Kafi, M., & Balendari, A. (2002). *Berberis: Production and Processing*. Language and Literature. (In Persian)

16. Khojastehmanesh, S., & Shahdadi, F. (2022). The effect of drying method on the qualitative and microbial properties of barberry leather. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, *19*(128), 161-170. (In Persian with English abstract). https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22034/FSCT.19.128.161
17. Mazzuca, M., Miscoria, S., Rost, E., & Balzaretti, V. (2005). *Fatty Acids and sterols in seeds from wild species of Berberis in Argentine Patagonia* Anales de la Asociacion Quimica Argentina,
18. McCready, R., Guggolz, J., Silviera, V., & Owens, H. (1950). Determination of starch and amylose in vegetables. *Analytical Chemistry*, *22*(9), 1156-1158. https://doi.org/https://doi.org/10.1021/ac60045a016
19. Özgen, M., Saraçoğlu, O., & Geçer, E.N. (2012). Antioxidant capacity and chemical properties of selected barberry (*Berberis vulgaris* L.) fruits. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, *53*, 447-451. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13580-012-0711-1
20. Pantelidis, G.E., Vasilakakis, M., Manganaris, G.A., & Diamantidis, G. (2007). Antioxidant capacity, phenol, anthocyanin and ascorbic acid contents in raspberries, blackberries, red currants, gooseberries and Cornelian cherries. *Food Chemistry*, *102*(3), 777-783. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.021
21. Pękal, A., & Pyrzynska, K. (2014). Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay. *Food Analytical Methods*, *7*, 1776-1782.
22. Pirkhezri, M. (2022). Investigation of genetic diversity of some wild barberry genotypes (*Berberis* spp.) in Alborz and Tehran provinces using morpho-pomological markers. *Journal of Horticultural Science*, *36*(1), 177-191. https://doi.org/https://doi.org/10.22067/jhs.2021.68493.1018
23. Rahimi-Madiseh, M., Lorigoini, Z., Zamani-Gharaghoshi, H., & Rafieian-Kopaei, M. (2017). *Berberis vulgaris*: specifications and traditional uses. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, *20*(5), 569. https://doi.org/https://doi.org/10.22038%2FIJBMS.2017.8690
24. Rezaei, M., & Balandari, A. (2015). Study of seed set in crossing among seedless barberry and wild type barberry genotypes. *Iranian Journal of Horticultural Science*, *46*(2), 323-331. https://doi.org/10.22059/ijhs.2015.54628
25. Ruiz, A., Hermosin-Gutierrez, I., Mardones, C., Vergara, C., Herlitz, E., Vega, M., Dorau, C., Winterhalter, P., & von Baer, D. (2010). Polyphenols and antioxidant activity of calafate (*Berberis microphylla*) fruits and other native berries from Southern Chile. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *58*(10), 6081-6089. https://doi.org/https://doi.org/10.1021/jf100173x
26. Sharifi, F., & Poorakbar, L. (2015). The survey of antioxidant properties of phenolic compounds in fresh and dry hybrid Barberry fruits (*Berberis integerrima× vulgaris*). *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, *36*(3), 1609-1617.
27. Sood, P., Modgil, R., & Sood, M. (2010). Physico-chemical and nutritional evaluation of indigenous wild fruit Kasmal, *Berberis lycium* Royle. https://doi.org/http://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/10282
28. Vattem, D. A., & Shetty, K. (2003). Ellagic acid production and phenolic antioxidant activity in cranberry pomace (*Vaccinium macrocarpon*) mediated by *Lentinus edodes* using a solid-state system. *Process Biochemistry*, *39*(3), 367-379. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0032-9592(03)00089-X
29. Yang, L., Gou, Y., Zhao, T., Zhao, J., Li, F., Zhang, B., & Wu, X. (2012). Antioxidant capacity of extracts from calyx fruits of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *African Journal of Biotechnology*, *11*(17), 4063-4068. https://doi.org/https://doi.org/10.5897/AJB11.2227